



УДК 536.7 (075.8)

ГАЗОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

SOLID OXIDE FUEL CELLS ON PRODUCTS OF FUEL GASIFICATION

Носов Антон Алексеевич, магистрант каф. «Теплоэнергетики и теплотехники», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: nosov1911@mail.ru, Тел.: +7(961)778-81-11

Тупоногов Владимир Геннадьевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Теплоэнергетики и теплотехники», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. Тел.: +7(912)284-53-05

Anton A. Nosov, Master student, Department «Heat power engineering and heat engineering», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: nosov1911@mail.ru. Ph.: +7(961)778-81-11

Vladimir G. Tuponogov, Doctor Sc., Prof., Department «Heat power engineering and heat engineering», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. Ph.: +7(912)284-53-05

Аннотация: В данной работе рассмотрен вариант твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ) на продуктах газификации угля. Приведена методика расчета расхода угля для работы данной энергетической установки при известном расходе синтез-газа для работы топливного элемента. Рассмотрены перспективы использования топливного элемента на продуктах газификации угля в малой энергетике.

Abstract: The variant of solid oxide fuel cell (SOFC) for the products of coal gasification was described in this work. Also we research the methods of calculating the flow rate of the coal power plant operation with a known flow rate of synthesis gas for fuel cell. The prospects of the use of fuel cell products in the small coal gasification power was reviewed.

Ключевые слова: кипящий слой; газификация угля; твердооксидный топливный элемент.

Key words: fluidized bed; coal gasifier; solid oxide fuel cells.

ВВЕДЕНИЕ

Для энергетической установки на базе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) используется синтез-газ. Обычно его получает путем конверсии метана [1]. КПД электрохимических генераторов энергетических установок на базе ТОТЭ достаточно высок (50-70%) [2], однако одной из проблем является способ получения синтез-газа.

В нашей работе был рассмотрен вариант получения синтез-газа путем газификации угля. Газификацию угля предполагается проводить с газогенераторе с автотермичным кипящим слоем. (рис. 1).

В ходе расчета расхода угля задавались следующими параметрами: температурой газификации – t , расходом синтез-газа – для энергетической установки [3].

УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ГАЗОГЕНЕРАТОРА

$$(1-x) \cdot q_1 \cdot (1-q_3-q_4-q_5-q_6) + q_7 + q_8 + q_9 \cdot (1-x+q_{10}+q_L(1-q_3)) + q_b^* = [(1-x)c_c + xc_r + c_L]t + q_2 \left(1 - \frac{\bar{r}_n}{r_n^0}\right) + q_{11}(1)$$

где q_1 – тепло экзотермической реакции горения продуктов газификации, кДж/кг; q_2 – тепло эндотермической реакции газификации, равное 10950 кДж/кг; $q_3; q_4; q_5; q_6$ – потери тепла от химического, механического недожогов, в окружающую среду через обмуровку и с золой, кДж/кг; $q_7; q_8; q_9; q_{10}$ – поступление тепла с сухим углем, влагой угля, воздухом и паром, кДж/кг; q_{11} – затраты тепла на нагрев, испарение и перегрев влаги угля, кДж/кг; $q_L = 14237$ кДж/кг – теплота сгорания летучих газов [4]; $q_b^* = 375$

кДж/кг — тепло вносимое воздухом, необходимым для сгорания летучих газов; q_1 ; q_2 ; $q_7 \div q_{11}$; q_L ; q_v^* - значения отнесены к массе исходного углерода; c_r ; c_c ; c_L — удельные теплоемкости продуктов газификации, сгорания продуктов газификации и летучих газов, отнесенные к исходной массе углерода топлива, кДж/(кгК); x — доля продуктов газификации, отводимых для дальнейшего использования по центральной трубе; t — температура кипящего слоя, °С; \bar{r}_n — концентрация водяного пара на выходе из кипящего слоя, м³/м³; $r_n^0 = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ — концентрация водяного пара на входе в кипящий слой.

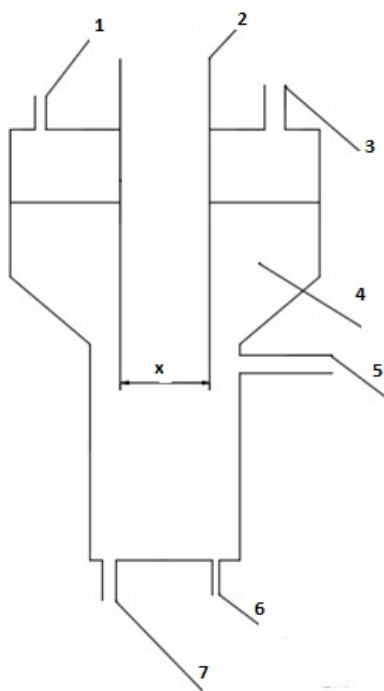
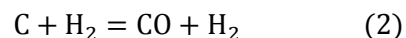


Рис. 1 Газификатор угля с автотермическим кипящим слоем

1 — подача угля; 2 — продукты газификации для энергетической установки на базе ТОТЭ; 3 — выход продуктов сгорания; 4 — кипящий слой; 5 — подвод воздуха; 6 — подвод пара; 7 — удаление золы.

При известных остальных параметрах из данного теплового баланса была найдена доля $x = 0,5$ продуктов газификации (синтез-газ), которые поступали в энергетическую установку на базе ТОТЭ.

При известной доле продуктов газификации, поступающих в трубу газогенератора, находится полный расход продуктов газификации. Расход угля находится по следующей реакции газификации:



Так как из 1 моля исходного углевода получается по одному молю СО и Н₂, а расход синтез газа и его состав известен при данной температуре газификации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент технология получения синтез-газа газификацией угля значительно сложнее, чем путем конверсии природного газа. Энергетические установки на базе твердооксидного топливного элемента на продуктах газификации угля могут применяться в области малой энергетики в отдаленных районах нашей страны, где нет возможности использовать газ. КПД ТОТЭ значительно выше, чем у дизель генераторов [2]. Принцип работы ТОТЭ предполагает прямое преобразования химической энергии реакций в электрическую. Уже были проведены испытания энергетических установок на природном газе мощностью 5 кВт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баскаков А.П., Волкова Ю.В. Физико-химические основы тепловых процессов. Учебное пособие для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению 140100 "Теплоэнергетика и теплотехника". Москва : Теплотехник, 2013 г. стр. 172.
2. Расчет коэффициента полезного действия гибридной электростанции с высокотемпературным топливным элементом./Н. В. Коровин, А.С. Седлов, Ю.А. Славнов, В.Д. Буров // Теплоэнергетика. 2007. Т. 2. стр. 49-53.
3. Баскаков А.П., Волкова Ю.В., Плотников Н.С. Оптимальная степень химической регенерации в твердооксидных топливных элементах // Инженерно-физический журнал. №4. 2013. Т. 78. стр. 741-750.
4. Тепловой расчёт котлов. (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. СПб : НПО ЦКТИ, 1998.